O USO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO APLICADO AO ESTUDO DAS UNIDADES DO RELEVO: O EXEMPLO DA CARTA TOPOGRÁFICA DE CAMPO MOURÃO – PR

Fernando Ricardo dos SANTOS [1]
Matheus Aparecido de Godoy RIBEIRO[2]
Edison FORTES [3]
Susana VOLKMER[4]
Américo José MARQUES[5]

RESUMO

A elaboração de modelos digitais pode constituir uma ferramenta importante para o estudo do relevo. A base para a elaboração do modelo em questão foi a folha SG.22-V-B ("Campo Mourão") na escala de 1:250000. Esta carta foi digitalizada utilizando-se o programa AutoCAD 14, posteriormente exportado para o programa Surfer 8.0, para a geração do modelo. Nessa etapa, foram definidas as escalas horizontal e vertical, e acrescidos dados da hidrografia. Dependendo do ojetivo do trabalho é possível inserir ainda outras informações, como a malha urbana, estradas, dados geomorfológicos, geológicos, etc. Depois de elaborado o modelo digital do terreno, essa metodologia deve ser acompanhada de revisão bibliográfica e trabalho de campo, para a interpretação das unidades morfológicas. A elaboração deste tipo de produto é muito útil para a interpretação e classificação geomorfológica, sendo uma metodologia facilmente aplicável, pois agiliza a análise do relevo e permite ampliar o critério de avaliação do mesmo. Dos compartimentos do relevo verificados na área de estudo, é possível identificar a escarpa do relevo de cuestas com seu front voltado para leste. Este compartimento situa-se na parte centro-leste do modelo elaborado. Esta escarpa marca o contato do Terceiro com o Segundo Planalto (Maack, 1981). Na área em estudo são perceptíveis, principalmente nas partes norte, sudeste e sudoeste, compartimentos associados ao entalhe e retrabalhamento dos rios Ivaí e Piquiri, (ambos de direção geral NW-SE), sobre o derrame basáltico da formação supracitada. Estas ocorrências estão associadas ao planalto de Campo Mourão (centro-sul do MDT) e ao planalto de Guarapuava (extremo sul).

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por finalidade a avaliação de técnicas de elaboração de Modelos Digitais de Terreno aplicadas na análise dos compartimentos de relevo na região de Campo Mourão. A escolha dessa área se justifica pela grande variedade de formas de relevo marcada por dois compartimentos principais, a depressão periférica e os planaltos interiores do Estado do Paraná.

Este estudo encontra-se inserido no projeto de mapeamento do relevo do Estado do Paraná, que vem sendo desenvolvido pelo Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá.

[1] Aluno de graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá – PR (UEM), frsantos1@hotmail.com
[2] Aluno de graduação em Geografia da UEM - PR, matheusribeiro@yahoo.com.br
[3] Professor doutor do Departamento de Geografia da UEM - PR, fortes@wnet.com.br
[4] Professora doutura do Departamento de Geografia da UEM - PR, svolkmer@uem.br
[5] Professor do Departamento de Geografia da UEM - PR, ajmarques@uem.br

A área de estudo, que serviu de base para a experimentação da técnica de elaboração e interpretação de modelos digitais de terreno, abrange a folha de Campo Mourão (SG-22-V-B), na escala 1:250.000, e cujas coordenadas geográficas são, respectivamente, 24º00' e 25º00' S e 51º00' e 52º30' W, no Estado do Paraná (figura 1).

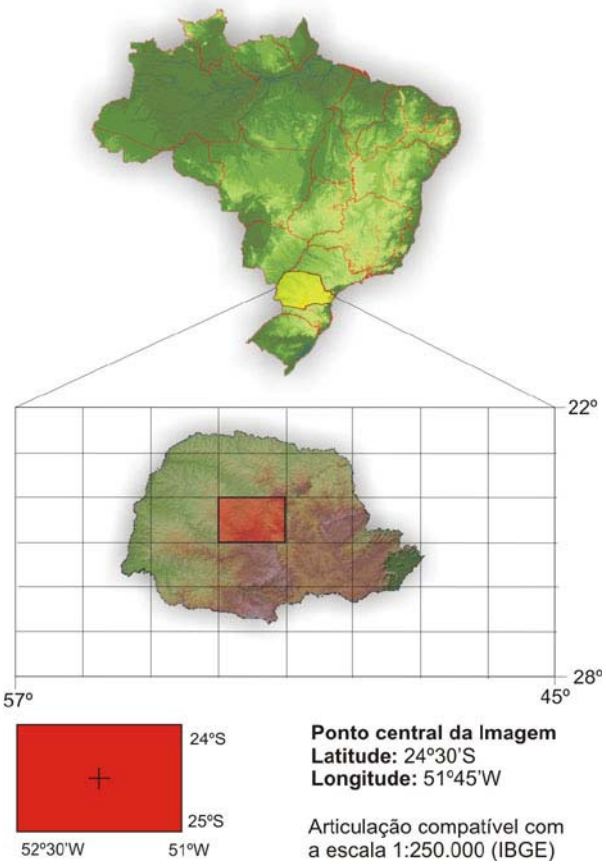


Figura 1 – Localização da área de estudo

O Modelo Digital de Terreno é uma representação matemática contínua da superfície terrestre, obtida através de amostras organizadas em um banco de dados georreferenciado (um Sistema de Informação Geográfica). O modelo é montado de modo a constituir uma amostragem a ser adquirida com os mais variados meios. No caso deste estudo, as amostras foram obtidas em uma digitalização da carta topográfica, por meio do programa AutoCAD, que usa um modelo cartesiano para a elaboração de produtos.

Portanto, o MDT é uma função matemática, onde vários pontos são representados num plano, e cujo reconhecimento visual é traduzido por programas de geoprocessamento. O que é feito automaticamente é a interpolação de vários pontos entre as amostras, gerando uma representação contínua do terreno. Sendo um sistema de informação geográfica, o MDT pode ser combinado com outros produtos para sua melhor interpretação, como imagens de satélite, mapas temáticos, cadastrais, etc.

Existem vários tipos de MDT que trabalham os dados conforme as características necessárias para o produto final. Neste estudo foi utilizado, principalmente, um modelo de projeção planar em perspectiva (modelo tridimensional do terreno). O método utilizado para a interpolação dos dados consiste no uso de uma grade retangular. Este método une os pontos amostrais determinados por segmentos de reta em cada curva de nível, sucessivamente (Felgueiras, 2000). Em cada visualização do modelo de projeção planar, é necessário que seja definido um azimute, uma elevação, um centro de projeção ("sol") e uma rotação, o que vai padronizar a visualização. Ainda é definido um exagero vertical do relevo, para se evidenciar algumas feições específicas.

O Modelo de projeção planar em perspectiva pode ser combinado com outros tipos de MDT para a melhor visualização das informações contidas neste. Pode-se, por exemplo, combinar este modelo com uma imagem de satélite, exibindo uma representação muito próxima da real, ou mesmo com um mapa de contornos, elaborado na forma de uma carta hipsométrica. O MDT é uma técnica importante para a análise do relevo, mesmo que se tenham poucas amostras. Sua eficácia na representação do terreno é estudada por Gonçalves (2001), que apresentou diversas representações com cada vez menos dados amostrais, obtendo sempre o mesmo resultado. Portanto, mesmo havendo pouca amostragem de dados, o modelo de projeção planar em perspectiva ainda constitui um método representativo fiel à realidade.

MÉTODOS E TÉCNICAS

A análise das formas do relevo da área requerer a modelação digital do terreno. A elaboração deste modelo segue alguns passos, tais como a seleção dos elementos da carta e sua tradução para outras linguagens matemáticas, e utiliza os recursos dos programas AutoCAD e Surfer 8.0. Este processo se inicia com a definição da fonte dos dados e sua digitalização.

A figura 2 apresenta um fragmento da carta topográfica de Campo Mourão. Neste tipo de produto são representadas muitas informações, como as estradas, as cidades, os rios, as curvas de nível, o uso do solo, etc. Essa representação dificulta a análise dos elementos da paisagem. O relevo, como um elemento importante do espaço, e objeto deste estudo, é um elemento prejudicado em sua visualização.

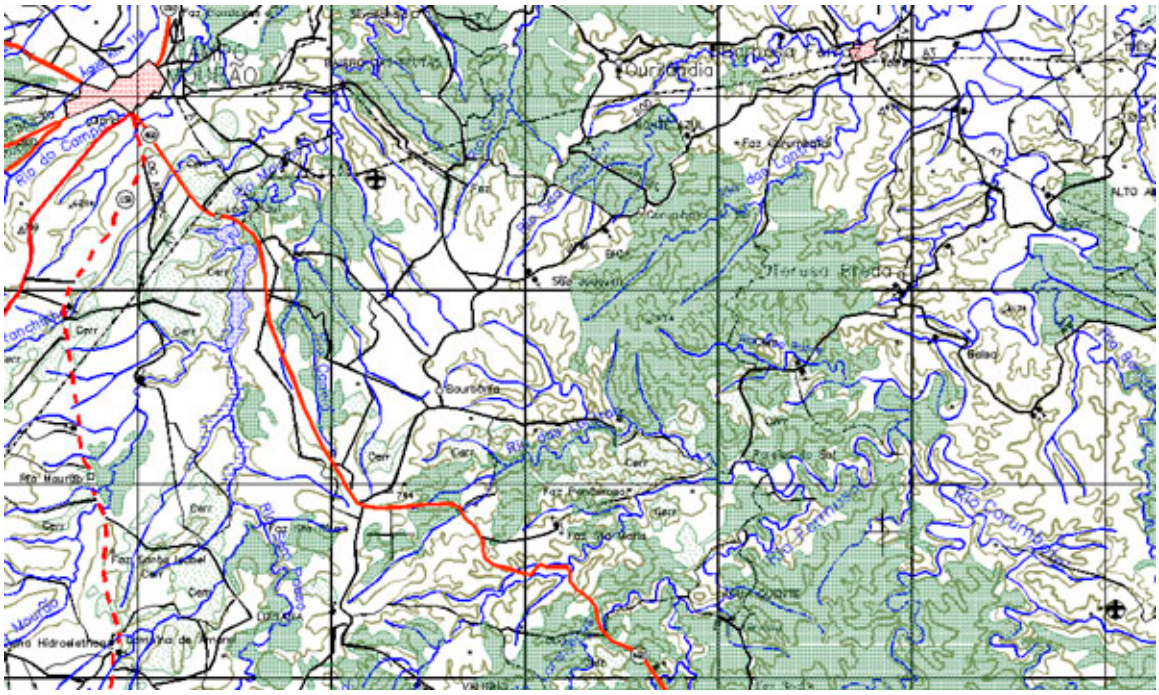


Figura 2 – Fragmento da carta topográfica "Campo Mourão". Pode-se ver a superposição de informações dificultando a visualização da topografia e das formas do relevo.

Por meio do programa AutoCAD, é possível organizar cada informação em "camadas" (*layers*), possibilitando a seleção do elemento na carta topográfica que se quer trabalhar. A primeira etapa, consiste na seleção dos *layers* associados à topografia (Figura 3). Estes serão os elementos convertidos em modelos matemáticos, possiblitando a construção do modelo digital da área.

Este modelo digital foi construído a partir de cálculos matemáticos embutidos no próprio programa, usando-se a tabela de dados amostrais. A digitalização no programa AutoCAD, gera e traduz para a visualização as informações contidas na carta topográfica e para o produto final. A partir daí, deve ser feita a conversão do formato para a tabela numérica. Esta conversão é feita usando-se um conversor adequado ("dxf2xyz", disponível gratuitamente em http://www.guthcad.com.au/freestuff.htm) (Zani, 2004), que lê os formatos do plano cartesiano da figura, convertendo-os em um plano polar. Essa tabela, gerada a partir da utilização do conversor externo, é codificada pelo programa Surfer 8.0 (atualmente, a versão mais avançada disponível no mercado), afim de gerar o modelo do terreno em questão. O programa ainda conta com uma variedade de ferramentas para facilitar a visualização e a interpretação do produto. As propriedades do objeto devem ser ajustadas

na janela “Object properties”, como por exemplo as escalas horizontal e vertical. Esse passo é fundamental para o produto final, pois a escala real deve ser revista para que não ocorra distorção de informações.

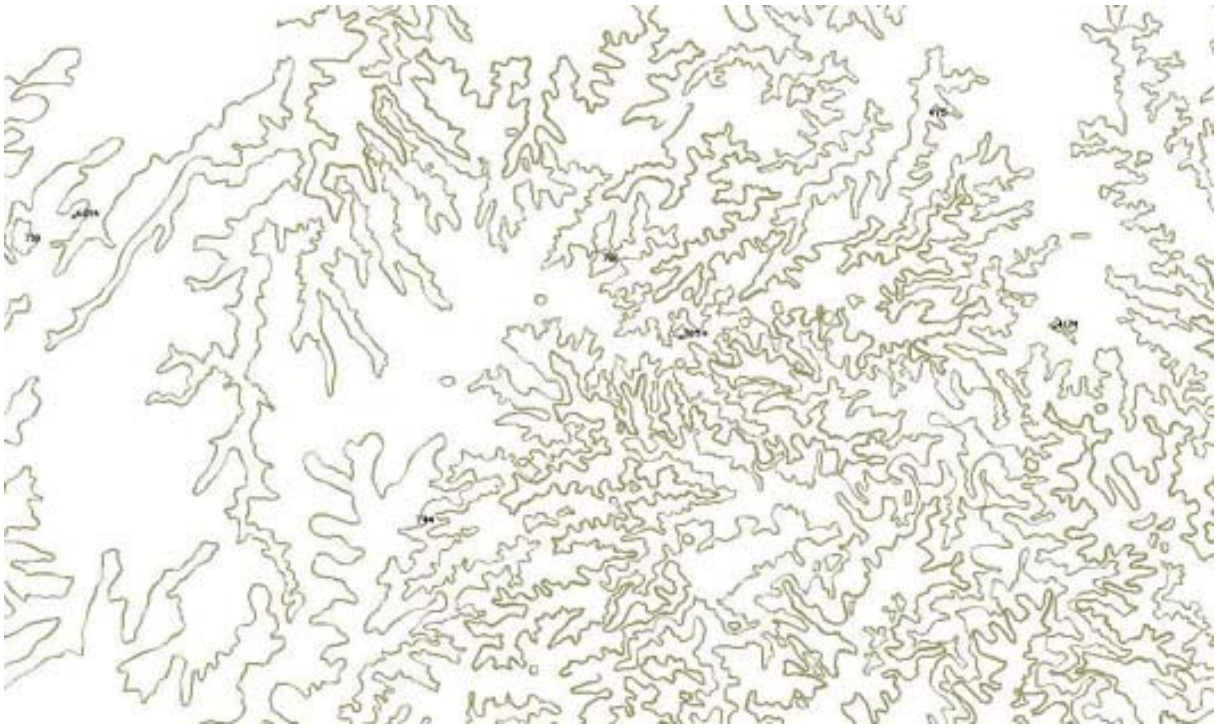


Figura 3 – O mesmo fragmento da figura 2, exibindo somente os layers *relativos à topografia. Este produto, mostrando somente as curvas de níveis, facilita a visualização do relevo.*

Após esse procedimentos, foi necessário combinar o modelo em questão com a hidrografia. A carta de drenagem da área é facilmente gerada exibindo-se somente os *layers* relativos aos rios (figura 4).

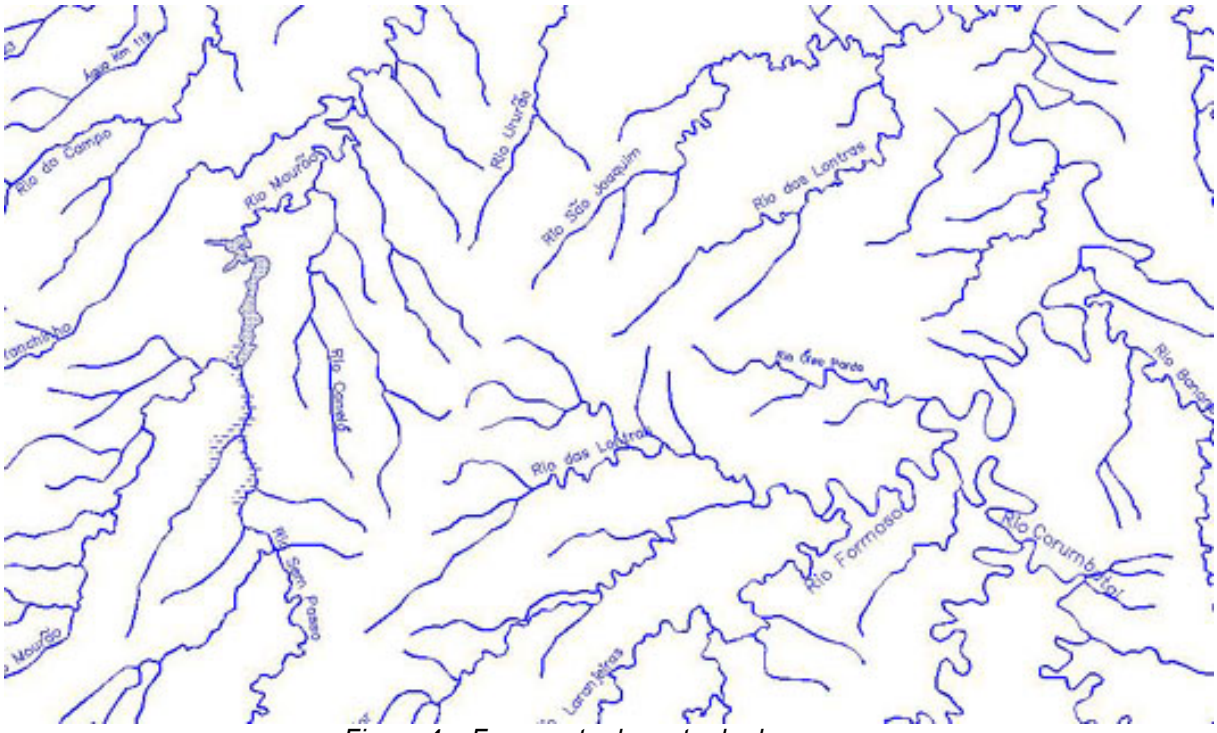


Figura 4 – Fragmento da carta de drenagem.

No programa Surfer 8.0, os produtos são combinados pela função "Base map", o que nos gera um modelo digital tridimensional somente com as informações relativas ao estudo que

se queira realizar. Na figura 5, pode-se observar o produto elaborado, que foi combinado também com uma carta hisométrica para facilitar a visualização. Aqui já é possível perceber que o modelo não deve ser usado sozinho para a interpretação do relevo, mas combinado com outras técnicas já existentes. Exibida a altitude em isolinhas, a caracterização das unidades geomorfológicas fica facilitada.

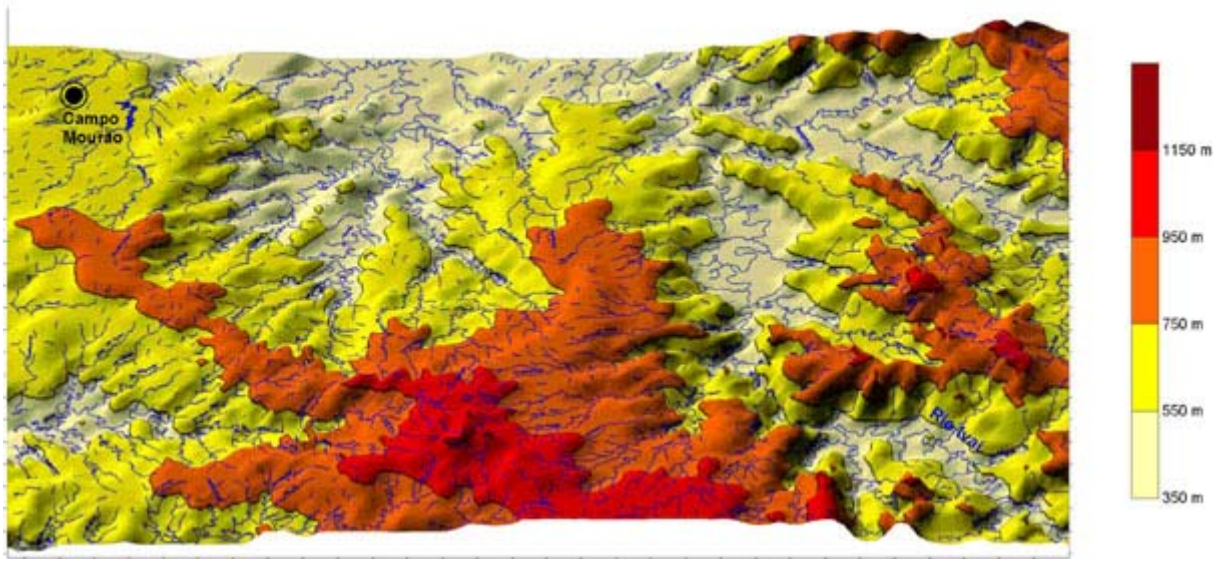


Figura 5 – Modelo digital da área de estudo, com projeção planar em perspectiva, combinado a um mapa de contornos.

Com o modelo concluído, pode-se ver uma representação mais clara do relevo do que do produto original. A vantagem do uso do MDT é a sua facilidade de elaboração, em confronto com outras metodologias utilizadas anteriormente, que exigiam muito tempo e recursos em sua elaboração. Outras aplicações ainda podem ser desenvolvidas, pois a visualização tridimensional permite a melhor observação da forma das vertentes, o curso e o comportamento dos rios nos planaltos e nas planícies, entre outros. Cabe ao pesquisador saber combinar esta técnica com outras existentes, sendo assim um modo flexível de se trabalhar em uma área, de modo a se obter resultados satisfatórios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Estado do Paraná encontra-se dentro de duas grandes unidades geotectônicas: o Escudo Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná (figura 6). Na primeira unidade estão as rochas do proterozóico, constituídas principalmente por granitos e migmatitos. A oeste estão as rochas sedimentares e vulcânicas básicas da Bacia Sedimentar do Paraná, que mergulham suavemente para oeste.

A Bacia Sedimentar do Paraná é formada por uma sucessão de formações geológicas, depositadas em eras distintas, com climas e condições diversas, resultando em rochas diferentes (tabela 1). As formações geológicas contidas na área de estudo compreendem, do topo para a base, a Formação Serra Geral, formada por derrames de lavas básicas, as Formações Botucatu e Pirambóia, que consistem em arenitos depositados em ambiente desértico, todas do período mesozóico. A Formação Rio do Rastro e Teresina, depositadas no Paleozóico, constituem as unidades basais presentes na área de estudo e correspondem a depósitos de siltitos, argilitos e arenitos finos avermelhados (Formação Rio do Rastro) e argilitos, folhelhos e siltitos cinza-pretos (Formação Teresina), ambos de ambiente marinho raso (Schobbenhaus et alii, 1984).

O relevo do Estado do Paraná está representado por uma sucessão de planaltos (figuras 6 e 7), formando uma sequência de patamares que inclinam suavemente para oeste, acompanhando o mergulho das formações geológicas (IBGE, 1990).

Levando em consideração o substrato geológico, Maack (1968) apresentou uma classificação simplificada do relevo paranaese, onde destaca a Planície Costeira, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto, o Segundo Planalto e o Terceiro Planalto (figura 7).

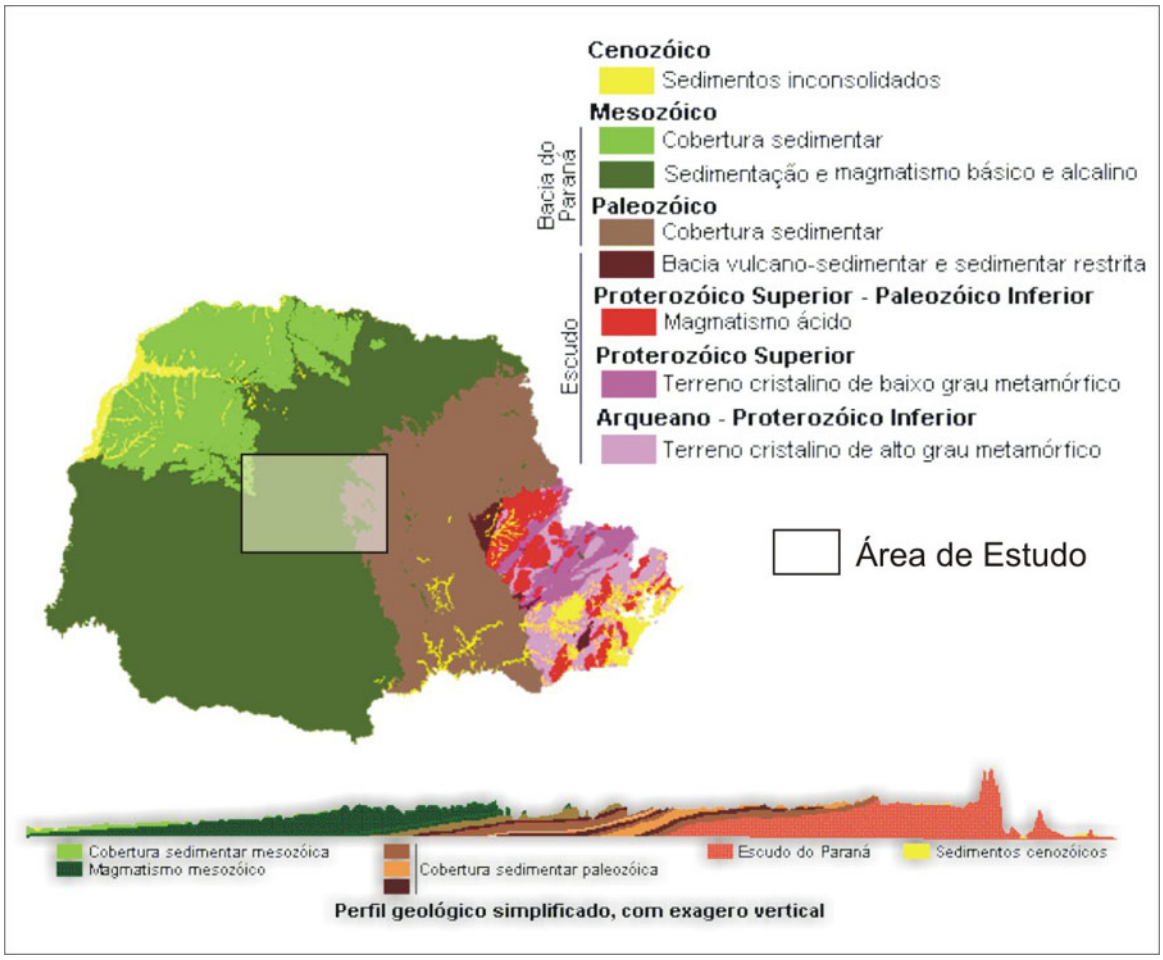


Figura 6 – Geologia do Estado do Paraná segundo o período geológico. Em destaque, a área de estudo.

A Serra do Mar e o Primeiro Planalto estão vinculados a área do Escudo Atlântico. O limite do Primeiro com o Segundo Planalto ocorre pela escarpa de cuesta da Serrinha, formada por rochas devonianas da Formação Furnas (figura 6 e 7). A Serra Geral, denominada localmente de Serra do Cadeado, e situada a oeste, marca o limite do Segundo com o Terceiro Planalto (figura 6 e 7). Este limite constitui um “front” de cuesta voltado para leste,

onde afloram as Formações Serra Geral, Botucatu, Pirambóia e Rio do Rastro (figura 6).

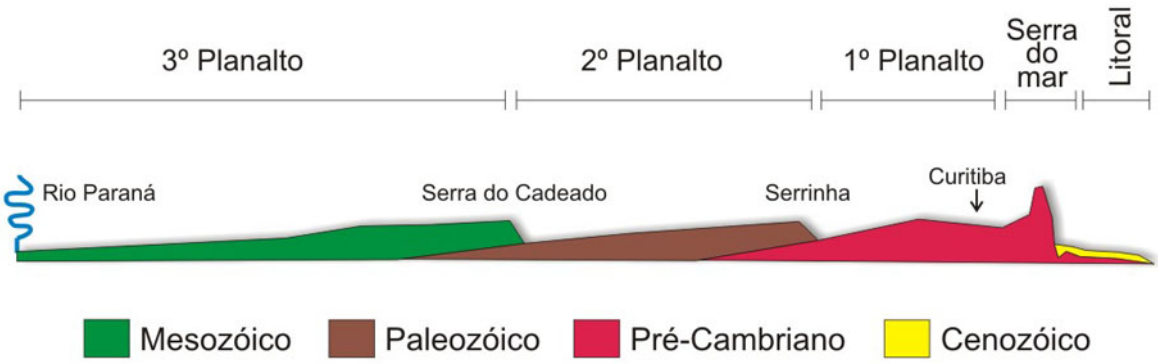


Figura 7 – Perfil Topográfico esquemático do estado do Paraná (E-W)

A área da presente pesquisa encontra-se inserida no contexto do Segundo e do Terceiro Planalto, cujo limite é bem evidenciado pela presença da escarpa de cuesta da Serra do Cadeado (figuras 8 e 9). A escarpa apresenta topos festonados de direção norte-sul, com formato semi-circular. A interrupção da escarpa é bem evidenciada na porção norte da área, e está associada a presença de drenagens antecedentes, comandadas pelo rio Ivaí e secundariamente pelo rio Peixe (figuras 8a, 8b e 9b).

O compartimento geomorfológico do Segundo Planalto (figura 8b) apresenta diversos relevos residuais associados ao processo de erosão e recuo para oeste, das escarpas. A Serra dos Porongos, apresenta-se profundamente dissecada pela atuação dos rios Ivaí e Peixe (figuras 8a, 8b e 9b).

O rio Peixe, situado na parte nordeste da área, encontra-se fortemente controlado por diques de diabásio, detalhe bem destacado na imagem de radar, porém ausente no Modelo Digital do Terreno, em virtude da escala do mapa (figura 8.1b).

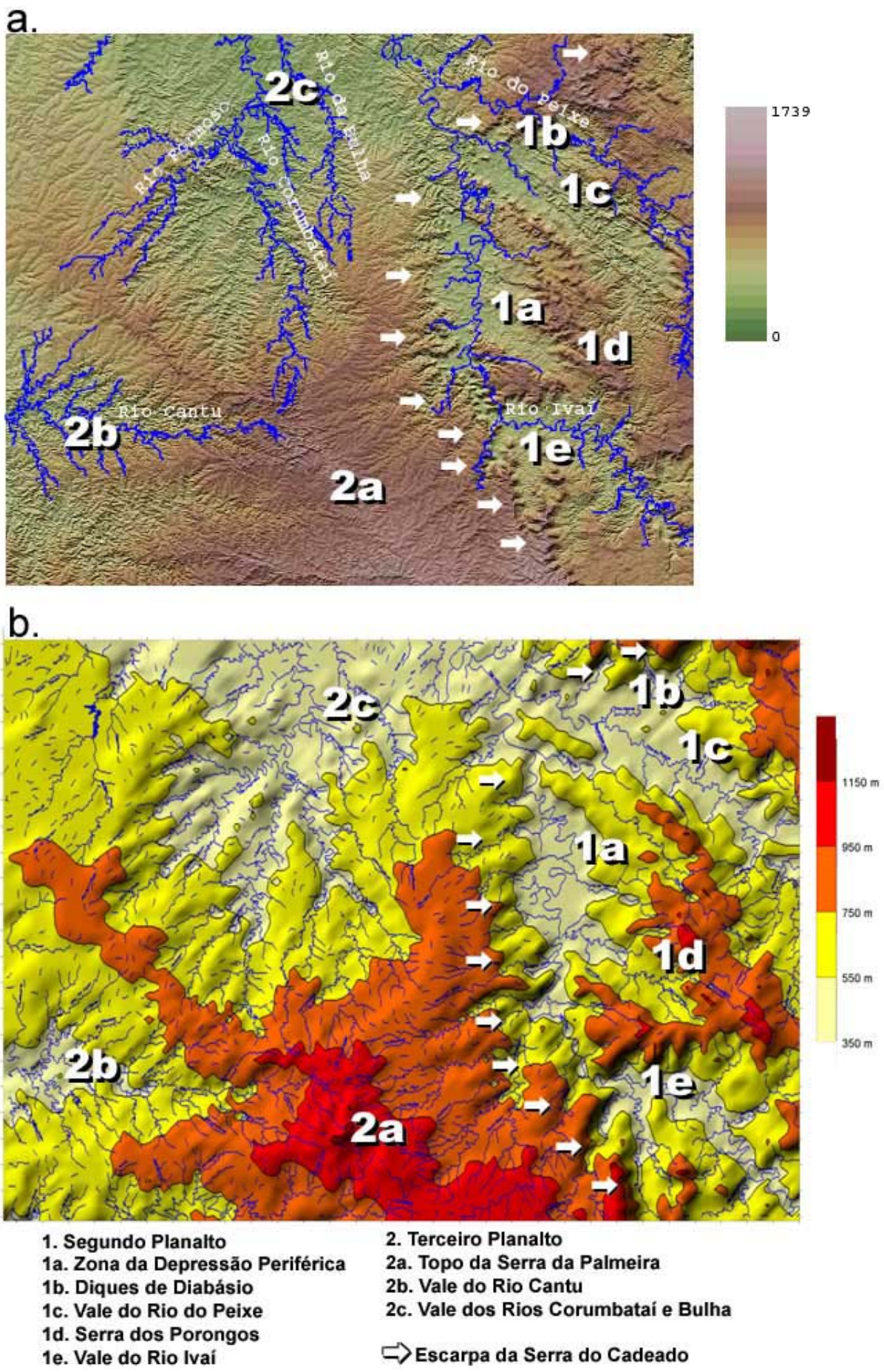
Tabela 1 – Formações geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná[6]

Eon	**Era**	**Período**	**Época**	**Formação**
Fanerozóico	Mesozóico	Cretáceo	Superior	
			Inferior	Caiuá
				Serra Geral
		Jurássico	Superior	Botucatu
			Médio	Pirambóia
			Inferior	
		Triássico	Superior	
			Médio	
			Inferior	
	Paleozóica	Permiano	Superior	Rio do Rastro Teresina Serra Alta Irati
			Médio	Palermo Rio Bonito
			Inferior	Rio do sul Mafra Campo do Tenente
		Carbonífero	Superior	
			Inferior	
		Devoniano	Superior	Ponta Grossa
			Médio	
			Inferior	Furnas

[6] As formações contidas na área de estudo estão destacadas em cor verde.

		Siluriano		
		Ordoviciano	Superior	
			Inferior	
		Cambriano	Superior	
			Médio	
			Inferior	
Criptozóico	Pré-Cambriano			Embasamento

No Terceiro Planalto, a Serra da Palmeira, com altitudes superiores a 950m, constitui o sistema orográfico mais destacado no Modelo Digital do Terreno e na Imagem de Radar. (figuras 8.2a e 8.2b). Situada na parte sul da área, a Serra da Palmeira se extende para norte e para noroeste, declinando em altitude. A linha de topos dessa serra possui forma semi-circular com abertura para norte (figuras 8.2a e 8.2b), resultando em um padrão semi-radial as drenagens que fluem pela vertente norte da Serra da Palmeira.



figuras 8a e8b – Delimitação de formas (a) imagem de radar e (b) em MDT

O sistema fluvial Corumbataí-Bulha e o rio Cantu, situados na parte norte e oeste, respectivamente, mostram forte influência dos processos controladores da dissecação da Serra da Palmeira, destacada tanto na imagem de radar, quanto no Modelo Digital do Terreno (figuras 8 e 9).

Concluímos que, a partir da análise combinada com imagem de radar, os Modelos Digitais do Terreno constituem ferramentas confiáveis para a análise do relevo. Contudo, sua eficácia pode ser ampliada, conforme a disponibilidade de informações adicionais, tanto de caráter regional, como local.

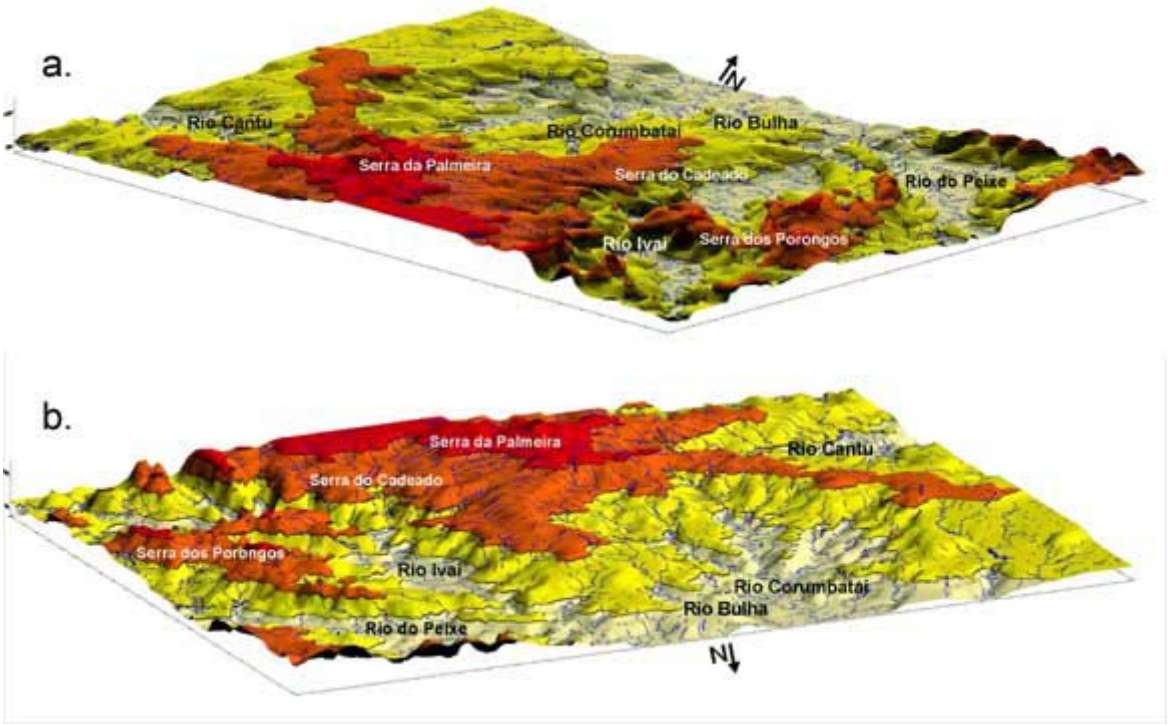


Figura 9a e b – MDT rotacionado em dois pontos de vista diferentes.

REFERÊNCIAS

1. Ministério do Planejamento e Coordenação geral, IBGE - Superintendênca de cartografia, Departamento de Cartografia. **Folha SG.22-V-B**, escala 1:250000, 1982.

2. FELGUEIRAS, Carlos Alberto. **Análises sobre modelos digitais de terreno em ambiente de sistemas de informação geográficas**, disponível em http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab_cientific/selper8f.pdf, consultado em 30/04/05.

3. FELGUEIRAS, Carlos Alberto e CÂMARA, Gilberto. **Modelagem numérica de Terreno**, disponível em http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf, consultado em 27/04/05.

4. GONÇALVES, Maria de Lourdes de Aquino Macedo. Geração de modelo digital de terreno a partir de mapas digitais 3D: estudo de caso visando garantir o contexto geomorfológico com redução dos dados amostrais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 7, nº2, p. 106, 2001.

5. HERRMANN, Maria Lúcia de Paula e ROSA, Rogério de Oliveira. Relevo, in: Secretaria de Planejamento e coordenação da presidência da república, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil, região sul**. V. 2, IBGE, Rio de Janeiro, 1990.

6. KAUL, Pedro Francisco Teixeira. Geologia, in: Secretaria de Planejamento e coordenação da presidência da república, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil, região sul.** Volume 2, IBGE, Rio de Janeiro, 1990.

7. MAACK, Reinhard. **Geografia Física do estado do Paraná**, 1981, 2ªed, Olympio, Rio de Janeiro; Secretaria da cultura e do esporte do governo do estado do Paraná.

8. ZANI, Hiran. Uma proposta prática para a elaboração de um modelo digital de Terreno, utilizando-se o software Surfer 8, in: revista geo notas, Volume 8, número 2, 2004, Departamento de geografia da universidade estadual de Maringá, PR, ISSN 1415-0646.

9. Instituto espacial de pesquisas espaciais - INPE. Conceitos de modelagem numérica de terreno, disponível em http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/mnt1.htm, consultado em 30/04/05.

10. Carta SG-22-V-B, Paraná, in: Embrapa - monitoramento por satélite, Brasil em relevo. disponível em: http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/pr/hth3/pr02_03.htm, consultado em 12/07/05.

11. SCHOBBENHAUS, Carlos; CAMPOS, Diógenes de Almeida; DERZE, Gilberto Ruy; ASMUS, Haroldo Erwin. **Geologia do Brasil - texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, Escala 1:2.500.000.** DNPM, 501 pp. 1984.

12. THOMAZ, Sergio Luiz. Sinopse sobre a geologia do Paraná, in: **Boletim de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, p. 76, Ano 2, Número 02, 1984.